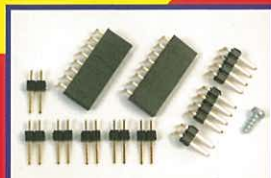
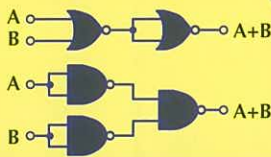
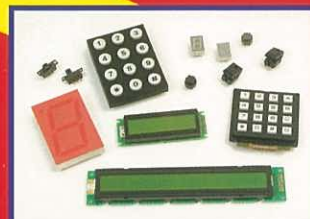
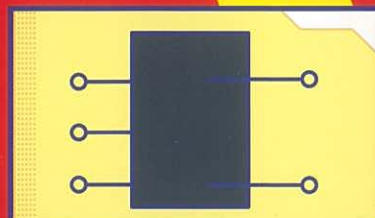
impara

l'elettronica digitale

...e costruisci il tuo LABORATORIO DIGITALE

6,90 €

10

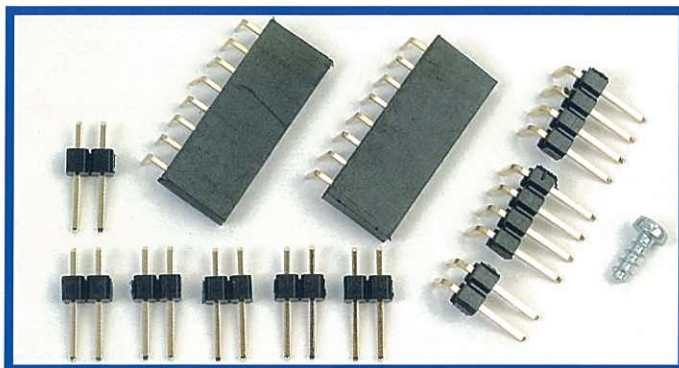
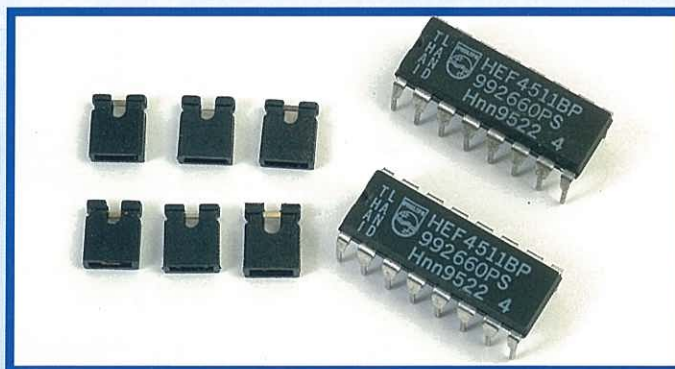
9 771824 363008
41010
Peruzzo & C.

Direttore responsabile:
ALBERTO PERUZZO
Direttore Grandi Opere:
GIORGIO VERCELLINI
Consulenza tecnica e traduzioni:
CONSULCOMP S.n.c.
Pianificazione tecnica
LEONARDO PITTON

Direzione, Redazione, Amministrazione: viale Ercole Marelli 165, Tel. 02/242021, 20099 Sesto San Giovanni (Mi). Pubblicazione settimanale. Registrazione del Tribunale di Monza n. 1738 del 26/05/2004. Spedizione in abbonamento postale gr. II/70; autorizzazione delle Poste di Milano n. 163464 del 13/2/1963. Stampa: Staroffset s.r.l., Cernusco S/N (MI). Distribuzione SO.DI.P. S.p.A., Cinisello Balsamo (MI).

"ELETTRONICA DIGITALE"
si compone di
70 fascicoli settimanali
da suddividere
in 2 raccoglitori.

RICHIESTA DI NUMERI ARRETRATI. Per ulteriori informazioni, telefonare dal lunedì al venerdì ore 9.30-12.30 all'ufficio arretrati tel. 02/242021. Se vi mancano dei fascicoli o dei raccoglitori per completare l'opera, e non li trovate presso il vostro edicolante, potrete riceverli a domicilio rivolgendovi direttamente alla casa editrice. Basterà compilare e spedire un bollettino di conto corrente postale a PERUZZO & C. s.r.l., Ufficio Arretrati, viale Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (MI). Il nostro numero di c/c postale è 42980201. L'importo da versare sarà pari al prezzo dei fascicoli o dei raccoglitori richiesti, più le spese di spedizione € 3,10 per pacco. Qualora il numero dei fascicoli o dei raccoglitori sia tale da superare il prezzo globale di € 25,82 e non superiore a € 51,65, l'invio avverrà per pacco assicurato e le spese di spedizione ammonteranno a € 6,20. La spesa sarà di € 9,81 da € 51,65 a € 103,29; di € 12,39 da € 103,29 a € 154,94; di € 14,98 da € 154,94 a € 206,58; di € 16,53 da € 206,58 in su. Attenzione: ai fascicoli arretrati, trascorse dodici settimane dalla loro distribuzione in edicola, viene applicato un sovrapprezzo di € 0,52, che andrà pertanto aggiunto all'importo da pagare. Non vengono effettuate spedizioni contrassegno. Gli arretrati di fascicoli e raccoglitori saranno disponibili per un anno dal completamento dell'opera. IMPORTANTE: è assolutamente necessario specificare sul bollettino di c/c postale, nello spazio riservato alla causale del versamento, il titolo dell'opera nonché il numero dei fascicoli e dei raccoglitori che volete ricevere.

IN REGALO in questo fascicolo

- 2 Connettori femmina da c.s. a 90° 8x1
- 1 Connettore maschio da c.s. a 90° 2x1
- 2 Connettori maschio da c.s. a 90° 4x1
- 6 Connettori maschio da c.s. dritti a 2 pin
- 1 Vite

IN REGALO nel prossimo fascicolo

- 2 Circuiti integrati 4511
- 6 Ponticelli isolati

COME RACCOGLIERE E SUDDIVIDERE L'OPERA NELLE 4 SEZIONI

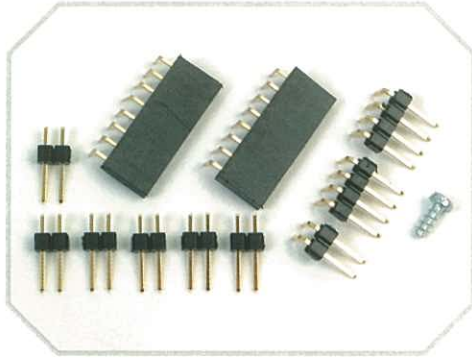
L'Opera è composta da 4 sezioni identificabili dalle fasce colorate, come indicato sotto. Le schede di ciascun fascicolo andranno suddivise nelle sezioni indicate e raccolte nell'apposito raccoglitore, che troverai presto in edicola. Per il momento, ti consigliamo di suddividere le sezioni in altrettante cartellette, in attesa di poterle collocare nel raccoglitore. A prima vista, alcuni numeri di pagina ti potranno sembrare ripetuti o sbagliati. Non è così: ciascuno fa parte di sezioni differenti e rispecchia l'ordine secondo cui raccogliere le schede.
Per eventuali domande di tipo tecnico scrivere al seguente indirizzo e-mail:
elettronicadigitale@microrobots.it

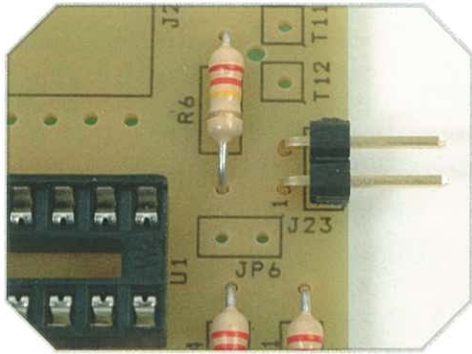
Hardware Montaggio e prove del laboratorio

Digitale di base Esercizi con i circuiti digitali

Digitale avanzato Esercizi con i circuiti sequenziali

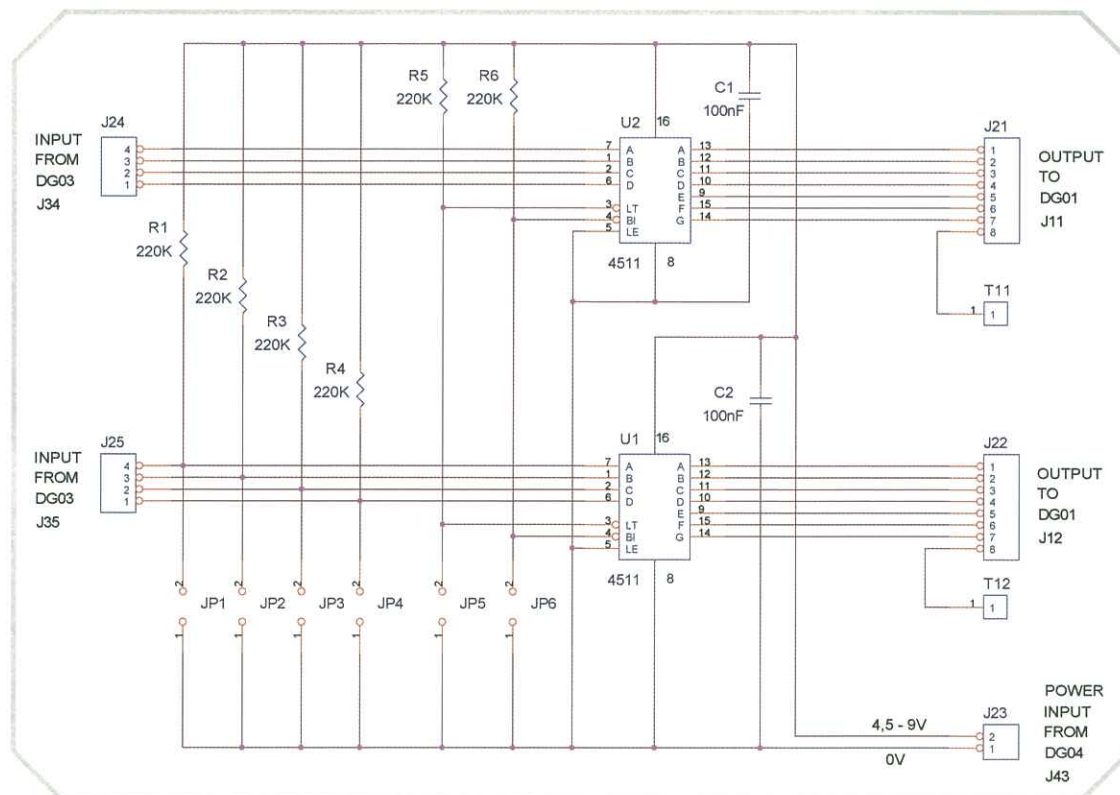
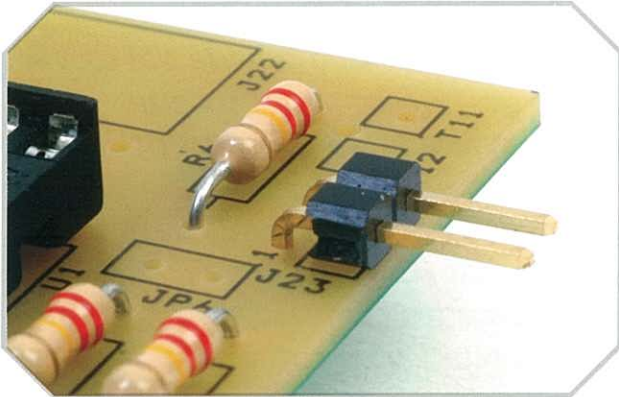
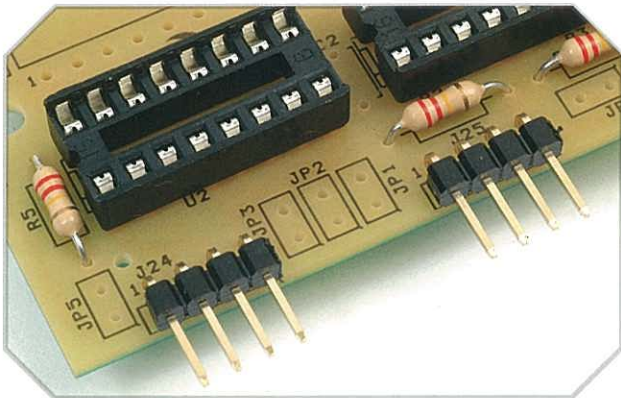
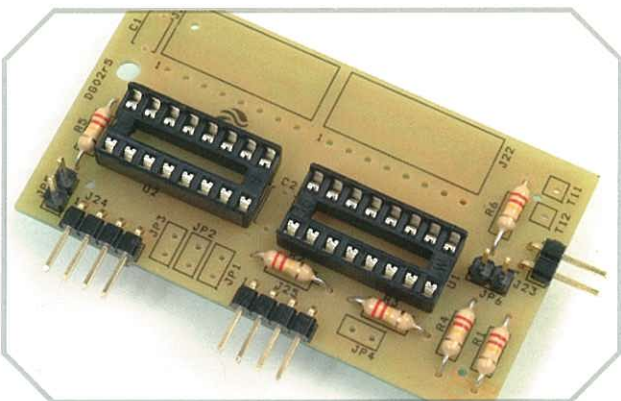
Microcontroller Esercizi con i microcontroller

Connettori del driver

Connettori del circuito stampato DG02 e vite di fissaggio.

In questa fase del montaggio installeremo sulla scheda del driver DG02 gli 11 connettori forniti. Dopo averla montata collocheremo la scheda nel suo posto definitivo sul laboratorio. La scheda sarà così pronta per funzionare dal momento che verranno montati i due circuiti integrati driver.

Connettore di alimentazione J23.

Connettore di alimentazione

Il primo connettore da installare è quello di alimentazione, si tratta di un connettore a 90° maschio a due terminali.

Per fare questo procederemo nel seguente modo: inseriremo i terminali più corti nei due fori della scheda segnati come J23, che è il riferimento del connettore di alimentazione. I due estremi più lunghi del connettore devono essere orientati verso l'esterno della scheda, facendo attenzione che rimangano paralleli a questa per permettere il collegamento del connet-

Schema elettrico e collegamenti di DG02.

*I connettori maschio a 90°
devono rimanere paralleli alla superficie della scheda.*

*I connettori di ingresso
dei dati J24 e J25 si collegano alla scheda DG03.*

Connettori di prova JP5 e JP6 installati.

tore femmina J43 del circuito di alimentazione DG04, in modo da non avere interruzioni di alimentazione causati da cattivo contatto.

Per facilitare la saldatura bisogna fissare il connettore nella sua posizione e realizzare solamente una delle due saldature, verificando poi il corretto allineamento prima di effettuare l'altra saldatura. Come abbiamo già detto diverse volte è più facile correggere una sola saldatura che molte.

Ingresso dei dati

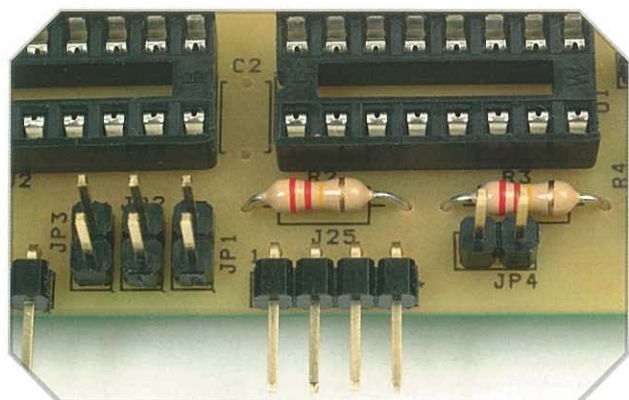
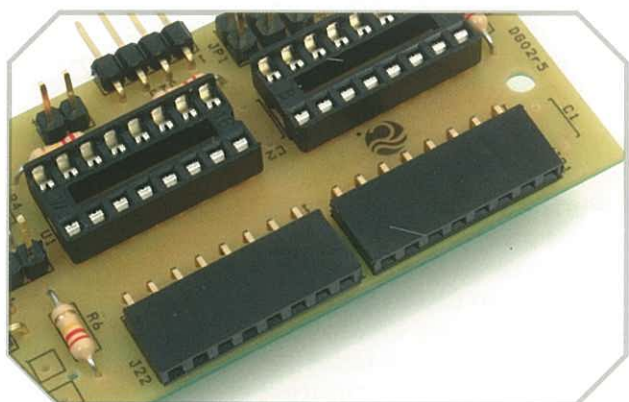
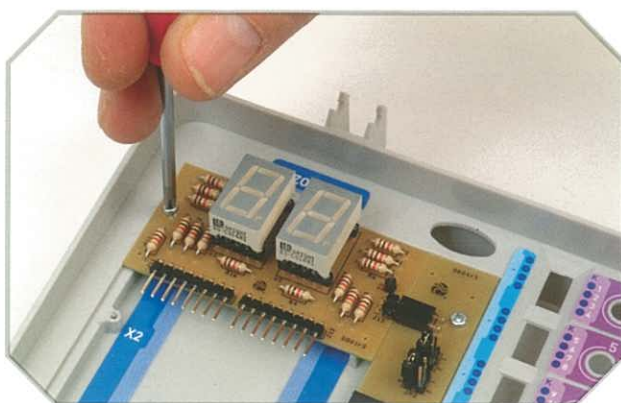
I connettori di ingresso dei dati sono J24 e J25. A ciascuno di essi bisogna applicare il codice a 4 bit corrispondente al numero che si vuole visualizzare su ogni display. Entrambi i connettori sono maschio a 90° dello stesso tipo del precedente però a quattro terminali, vengono inseriti nei gruppi di fori indicati con J24 e J25.

Come il connettore precedente, devono rimanere ben allineati con i loro terminali paralleli alla scheda e la parte di isolante nero appoggiata sulla superficie della scheda. In questo caso l'allineamento è molto più importante, in quanto si tratta di otto terminali maschio che devono essere inseriti contemporaneamente in otto terminali femmina che verranno montati sulla scheda DG03.

Terminali di prova

I connettori dei due terminali siglati come JP5 e JP6 non sono necessari per il funzionamento del driver ma ci permettono di provare contemporaneamente l'accensione e lo spegnimento di tutti i segmenti.

Per la loro installazione sulla scheda sarà sufficiente inserire la parte più corta del terminale fino a che l'isolante nero appoggi sulla scheda ed eseguire poi le saldature dalla parte inferiore. Devono risultare ben allineati e verticali, dato che, oltre a migliorare l'aspetto estetico, assicurano la saldatura. Nel caso in cui, realizzata la prima saldatura, rimangano un po' inclinati è necessario rettificare la loro posizione fino a riportarli verticali, la rifusione successiva della saldatura già eseguita va fatta con attenzione per non rischiare di danneggiare il circuito stampato.

Questo circuito contiene quattro connettori che ci permetteranno di realizzare dei ponticelli per verificare il funzionamento del pri-

Connettori di prova da JP1 a JP4.

I connettori J21 e J22
portano i segnali alla scheda DG01.

Per montare la scheda DG02 bisogna estrarre la scheda DG01.

mo driver del circuito stampato, ottenendo un numero da 0 a 9 sul display delle unità. Questi connettori sono a due terminali e hanno come riferimento JP1, JP2, JP3 e JP4. Si montano nello stesso modo di JP5 e JP6 e anch'essi devono rimanere verticali.

Uscite

I terminali di uscita del driver corrispondenti al display delle unità si collegheranno con il terminale femmina da otto contatti J22. Ogni terminale si utilizza per applicare tensione positiva a un LED del Display. Il connettore J21 corrisponde alle decine.

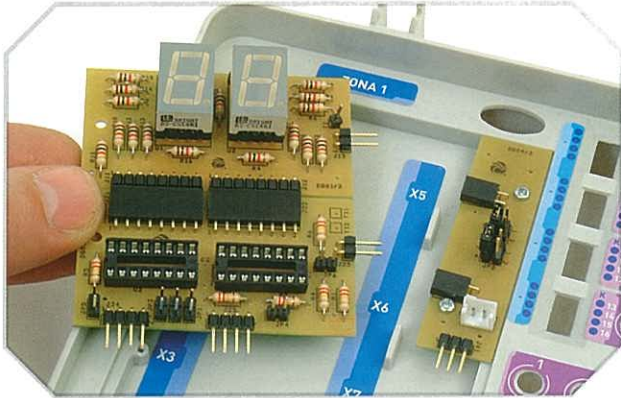
Il montaggio di questi connettori è più facile dei precedenti in quanto presentano una superficie di appoggio maggiore che rende più facile fissarli e mantenerli paralleli al circuito stampato. Salderemo i due terminali agli estremi, verificheremo che siano ben posizionati e realizzeremo il resto delle saldature.

Revisione

I terminali T11 e T12 e i condensatori per ora non verranno montati, dato che prima faremo alcuni esercizi. Per prima cosa rivedremo il lavoro realizzato per controllare che ogni connettore sia al suo posto e che le resistenze abbiano il valore corretto. Capovolgendo la scheda verificheremo le saldature una a una, controllando che ci siano tutte e non abbiano una quantità di stagno eccessiva poiché potrebbe creare cortocircuiti con le saldature vicine.

Montaggio sul laboratorio

Questo circuito si può già montare sul laboratorio, però prima della sua installazione definitiva bisognerà togliere le pile, nel caso fossero installate, e dopo smontare il circuito del display DG01 svitando l'unica vite che lo fissa. Conviene anche allentare di mezzo giro le due viti della scheda di alimentazione DG04.

Per togliere la scheda DG01 la solleveremo dal lato più vicino all'esterno del laboratorio, quindi la estrarremo scollegandola dal connettore J13 in modo che la scheda rimanga totalmente libera. Collegheremo ora tra loro le due schede DG01 e DG02 nell'unico modo possibile, ovvero J21 con J11 e J22 con J12, formando così un unico insieme. Dob-

Le schede DG01 e DG02 si collegano fra loro.

L'insieme DG01-DG02 si collega ai connettori J42 e J43 di DG04.

biamo inserire molto bene tutti i terminali di tutti i connettori, seguendo questa operazione con attenzione prima di sforzare: la pressione da esercitare sui connettori deve essere lieve per evitare di piegare qualche terminale dei connettori; il collegamento si deve realizzare facilmente anche se noteremo una certa frizione, che è esattamente la pressione di esercizio di ogni terminale del connettore che serve ad assicurare un buon contatto elettrico.

Avvicineremo ora le schede così unite alla loro posizione definitiva e inclinandole leggermente faremo in modo che il connettore J13 di DG01 si colleghi su J42 di DG04 e il J23 di DG02 su J43 di DG04. Quando saremo sicuri del corretto inserimento abbasseremo il bordo della scheda fino a farla appoggiare sull'alloggiamento del laboratorio. Le schede DG01 e DG02 si fissano con le rispettive viti, dopodiché torneremo a chiudere anche le viti di DG04 che erano state allentate in precedenza.

Viti

Le viti di fissaggio di questa scheda devono essere strette leggermente fino ad arrivare a fine corsa, la loro funzione è quella di fissare la scheda in modo che non cada. Esse devono anche facilitare l'eventuale smontaggio delle stesse nel caso fosse necessario per qualche esperimento oppure per una eventuale riparazione. Non devono essere chiuse con forza per evitare di danneggiare la zona di appoggio del laboratorio.

Le schede DG01 e DG02 si fissano con due viti.

Algebra di Boole

I circuiti logici possono essere studiati dal punto di vista della matematica, dato che rappresentano funzioni logiche. Queste funzioni logiche si studiano tradizionalmente con l'algebra di Boole, sulla quale si basano tutti i libri di elettronica digitale attualmente utilizzati.
È bene ricordare che il matematico inglese al quale dobbiamo questi studi, George Boole, nacque nel 1815 e morì nel 1864. Egli fu il primo a dimostrare che le formule matematiche si potevano utilizzare per rappresentare relazioni logiche.

Concetti fondamentali

L'algebra di Boole è basata su due stati, ovvero è una logica binaria. Vi sono elementi il cui valore non cambia, denominati costanti, che hanno valore fisso e possono essere solamente due, 1 e 0.

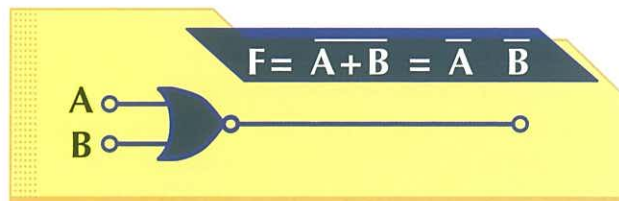
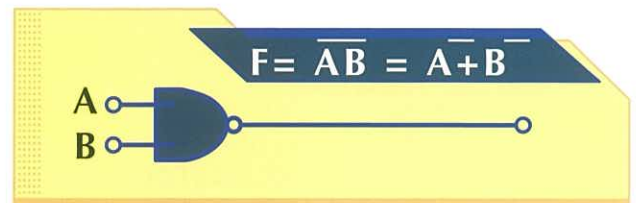
Le variabili sono elementi il cui valore può cambiare e si rappresentano come lettere.

Le operazioni sono regole che permettono la realizzazione dei calcoli e si rappresentano mediante operatori chiamati normalmente segni.

Le combinazioni di costanti, variabili e operatori si chiamano espressioni algebriche. Le funzioni sono espressioni con variabili e nel nostro caso saranno la rappresentazione di un circuito o viceversa.

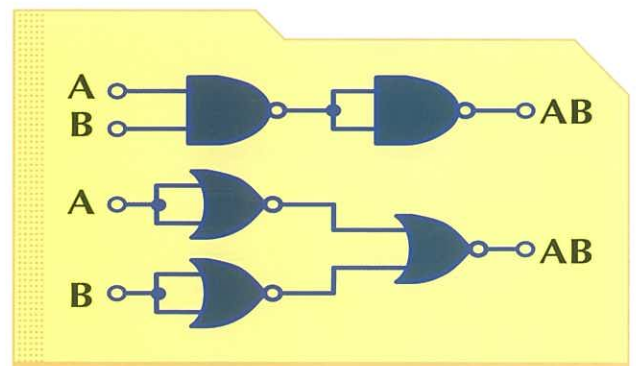
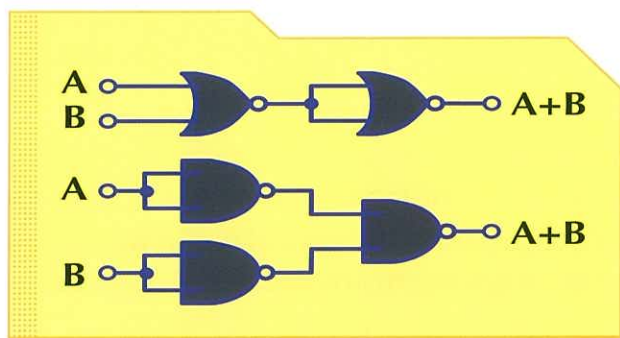
Operazioni fondamentali

Nell'algebra di Boole ci sono tre operazioni fondamentali che conosciamo già, l'unione, che si rappresenta con la funzione OR A+B e non deve essere confusa con la somma anche se è simile, salvo che nella funzione OR 1+1 = 1 e la somma 1+1 = 0 con riporto di 1, come abbiamo già visto. Purtroppo si utilizza lo stesso segno, ma in realtà le confusioni di solito non si verificano.

Altre operazioni fondamentali sono l'intersezione, che si rappresenta con la funzione AND AB, e la complementazione o inversione, che corrisponde alla funzione NO e si rappresenta con la stessa lettera con un tratto orizzontale sopra, anche se di solito è rappresentata come /A o A' per facilitare la sua scrittura con gli elaboratori di testo.

Funzione NOR.

Funzione NAND e sue espressioni, utilizzando il teorema di Morgan.

Altre operazioni

Derivate dalle operazioni precedenti ve ne sono altre due che in realtà si utilizzano più di quelle fondamentali e sono la NAND, che è la combinazione di NO e AND, e la NOR, che è la combinazione di NO e OR. Si utilizza anche la OR esclusiva, che si può esprimere come XOR, e XNOR o funzione di equivalenza. Di seguito potremo vedere come si esprimono queste funzioni.

Funzione AND ottenuta con porte NAND e NOR.

Funzione OR ottenuta con porte NOR e NAND.

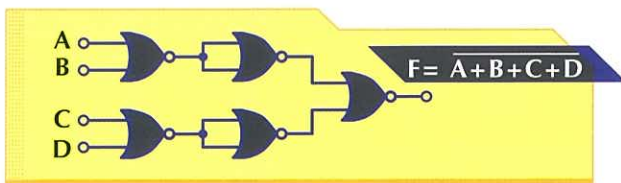
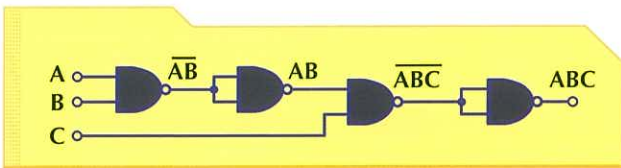
Elemento neutro

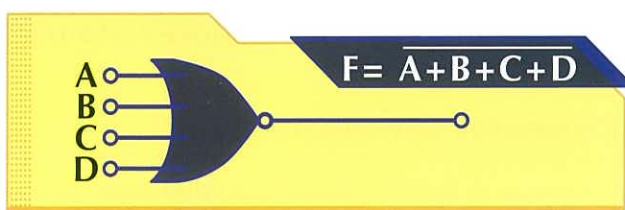
L'elemento neutro per un'operazione è quello col quale, una volta realizzata l'operazione, il risultato non cambia. L'elemento neutro per l'operazione OR è lo zero, ovvero A+0 = A, e per l'operazione AND e l'uno, ovvero A*1 = A. L'operando o segno dell'intersezione * di solito si omette, cioè l'espressione A*B e AB sono equivalenti.

Idempotenza

L'operazione di una variabile con se stessa dà come risultato la stessa variabile, ovvero A+A = A e AA = A.

Proprietà commutativa

L'ordine delle variabili non influenza la funzione OR né la AND. Cioè: A+B = B+A e anche AB = BA.

Porta NOR a quattro ingressi formata da porte NOR a due ingressi.

Porta AND a tre ingressi formata con porte NAND a due ingressi.

FUNZIONE		
NOR	f(A,B) = /(A+B) = /A /B	f(A,B) = $(\overline{A+B}) = \bar{A}\ \bar{B}$
NAND	f(A,B) = /(A B) = /A + /B	f(A,B) = $(\overline{A\ B}) = \bar{A} + \bar{B}$
XOR	f(A,B) = A ⊕ B = /AB + A /B	f(A,B) = $A \oplus B = \bar{A}B + A\bar{B}$
XNOR	f(A,B) = AΔB = /(A⊕B) = /A/B+AB	f(A,B) = $A\Delta B = (\overline{A \oplus B}) = \bar{A}\bar{B}+AB$

Rappresentazione della porta NOR a quattro ingressi

Proprietà associativa

L'ordine delle operazioni parziali non altera il risultato.

A+(B+C) = (A+B)+C e anche A(BC) = (AB)C.

Proprietà distributiva

A+BC = (A+B)(A+C) e anche A(B+C) = AB+AC.

Proprietà di assorbimento

A+AB = A e anche A(A+B) = A.

Teorema di Morgan

Questo teorema è molto utilizzato quando si lavora con funzioni, per modificare il modo di rappresentarle, fino a ottenere un'espressione che possa essere convertita facilmente in un circuito reale con le porte disponibili.

/(A+B) = /A/B e la sua espressione duale /(AB) = /A+/B.

Doppia negazione

La doppia negazione di una variabile fornisce la stessa variabile. Nella pratica vedremo che è una proprietà utilizzata di frequente.

Dualità

Se osserviamo attentamente le espressioni precedenti possiamo renderci conto che sono duali. Una funzione duale si ottiene scambiando gli operatori di unione e intersezione e il valore 1 con lo 0.

Bistabili M-S

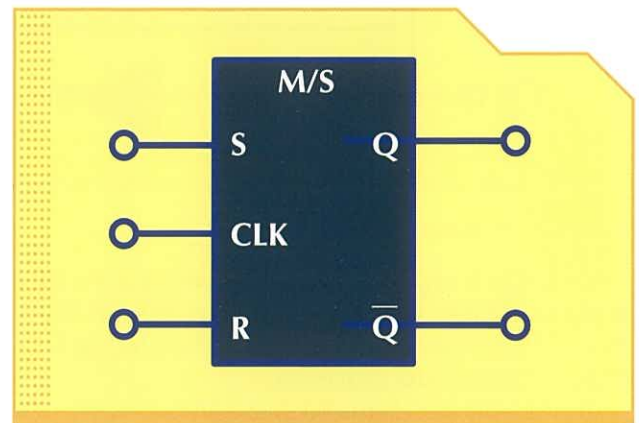
Quando dobbiamo lavorare con diversi circuiti in modo sincronizzato nasce il problema della differenza di velocità di risposta dei circuiti fra loro; questo può causare difficoltà di funzionamento nei circuiti contatori, i quali utilizzano diversi bistabili che lavorano in modo coordinato e che devono cambiare stato contemporaneamente. In questi casi può succedere che alcuni dispositivi cambino prima del tempo e i segnali di uscita assumano valori inadeguati, anche se per breve tempo, procurando gravi problemi di funzionamento, dato che questi segnali potrebbero influenzare altri circuiti.

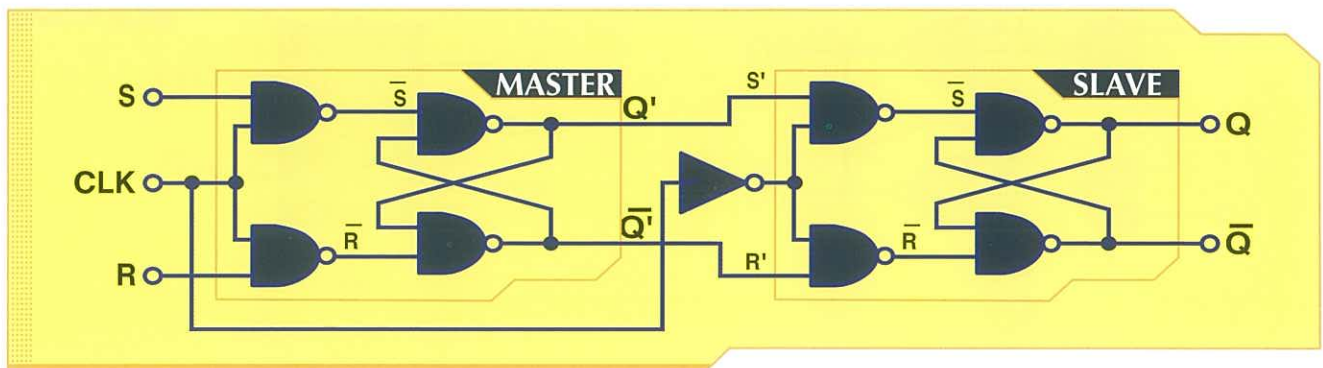
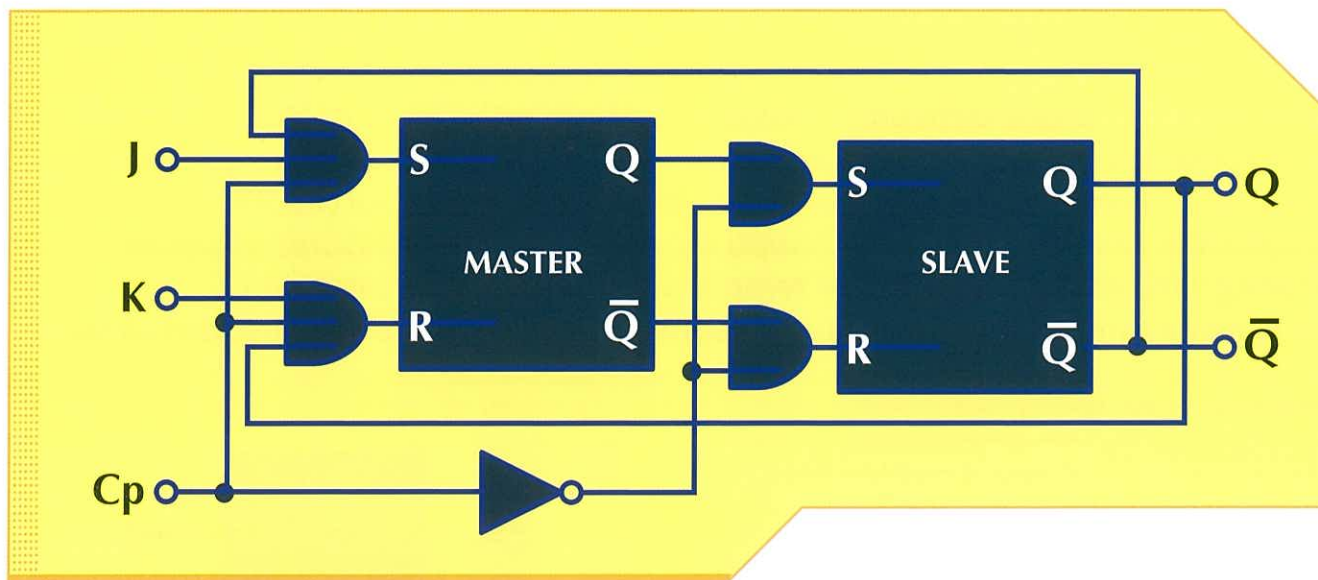
Bistabili M-S

I bistabili M-S risolvono il problema appena esposto. Fondamentalmente si tratta di due bistabili collegati in serie e con il clock invertito. È molto facile trovare circuiti integrati Master-Slave dei tipi R-S, J-K e D, dato che sono i più utilizzati. Normalmente si usa la denominazione inglese Master Slave.

Possiamo spiegarne il funzionamento in modo molto semplificato tenendo presente che si seguirà la seguente procedura: si parte dall'uscita che viene bloccata, si legge l'ingresso, si memorizza internamente l'ingresso, si blocca l'ingresso, si permette al dato memorizzato di essere elaborato sul bistabile di uscita e quest'ultimo fornirà l'uscita.

Bistabile R-S M-S

Conoscendo il funzionamento del bistabile R-S risulta semplice capire anche il funzionamento del bistabile R-S Master Slave. Osservando la figura potremo vedere due bistabili R-S collegati in serie. La cosa più interessante è che l'ingresso del clock che si applica al primo bistabile viene invertito prima di essere applicato al secondo.

Simbolo di un bistabile R-S Master Slave.

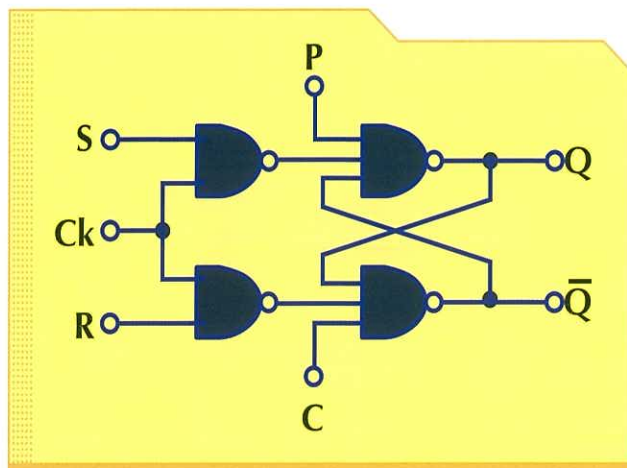
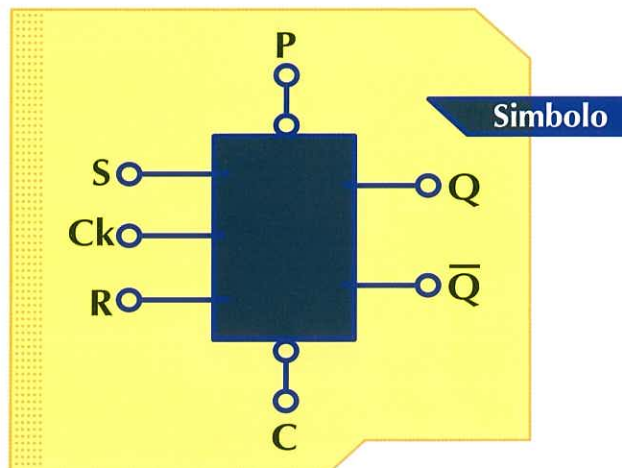
Vediamo ora, passo a passo, come funziona questo circuito. Quando il segnale di clock applicato al primo bistabile passa a livello alto, si abilita il primo bistabile identificato come Master e contemporaneamente il segnale invertito disabilita il secondo bistabile, ovvero lo Slave, quindi l'uscita in quel momento non può cambiare.

Bistabile R-S M-S (Master Slave).

Bistabile J-K Master Slave.

Quando il segnale di clock diventa zero il bistabile Master viene disabilitato quindi mantiene il suo stato, lo Slave si abilita e legge i dati applicati al suo ingresso.

Tornando allo schema possiamo vedere che le uscite Q e /Q del Master sono collegate a S e R rispettivamente dello Slave. In questo modo agli ingressi dello Slave può arrivare solamente 01 oppure 10, dato che sono collegate alle due uscite e sono sempre una l'inverso dell'altra.

Se l'uscita Q del Master è 1 lo Slave sarà sempre in stato di RESET, dato che la Q del Master è collegata all'ingresso S dello Slave. Se la Q è zero verrà applicato un 1 all'ingresso R, quindi lo stato sarà RESET.

Riassumendo, lo Slave prende lo stato di uscita del Master che non può cambiare durante questa lettura, dato che il Master è disabilitato.

La tabella della verità è la stessa di quella di un R-S attivato da un fronte, però bisogna tener presente che deve essere applicato completamente l'impulso di clock, in altre parole il bistabile J-K M-S legge gli ingressi mentre il clock è a livello alto, però l'uscita non è valida fino a quando l'impulso non torna a livello basso.

Bistabile R-S con ingressi asincroni.

Simbolo di un bistabile R-S con ingressi asincroni.

S	R	CLOCK	Qn	/Qn	
0	0	(*)	Qn-1	/Qn-1	Non cambia
0	1	(*)	0	1	RESET
1	0	(*)	1	0	SET
(*) Impulso completo, l'uscita è valida quando il segnale torna a livello basso.					

Bistabile R-S M-S.

Bistabile J-K M-S

Il bistabile J-K M-S è probabilmente il migliore dal punto di vista dell'utilizzo. Ha un funzionamento molto simile a R-S, se osserviamo lo schema vedremo che la sua principale caratteristica è il disporre di una retroazione di uscita sull'ingresso del Master che, in questo modo, tiene conto dello stato dell'uscita.

Quando il clock è a zero il Master resta disabilitato e non accetta variazioni ai suoi ingressi J-K.

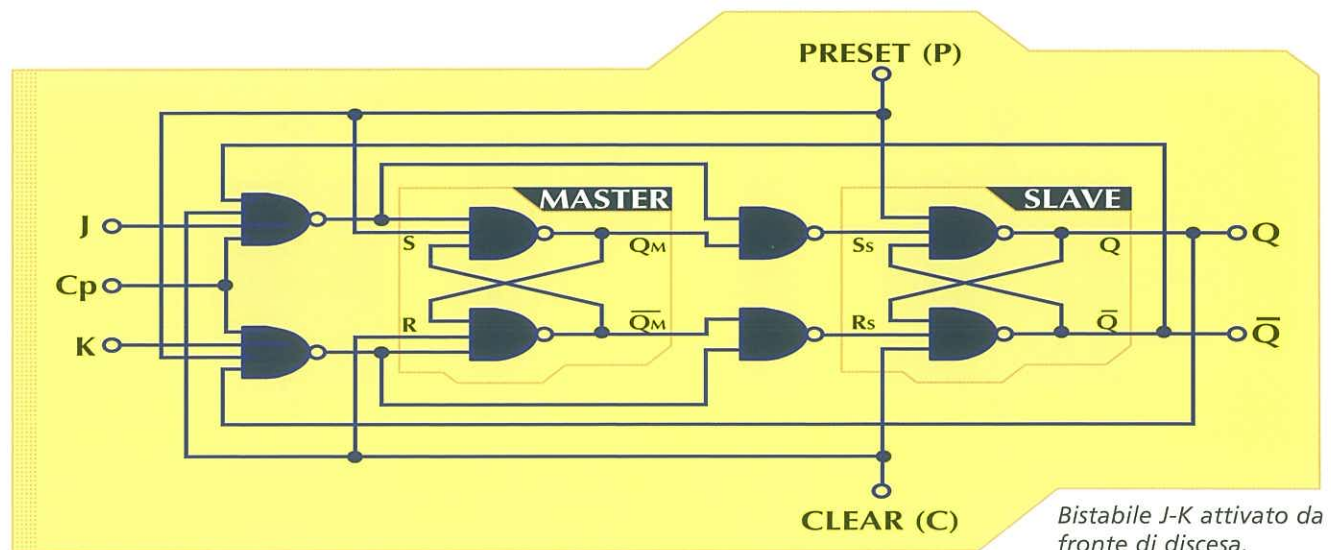
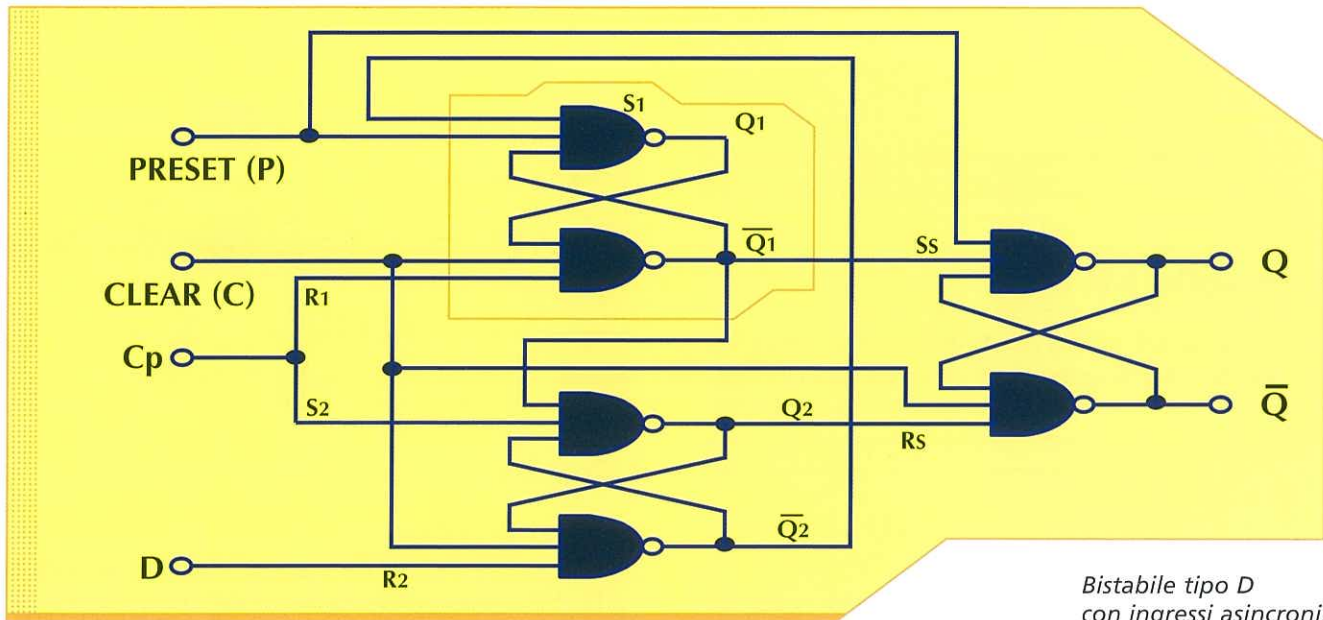
Tuttavia quando il clock passa a 1 il Master può cambiare stato se gli ingressi J-K e lo stato della retroazione lo permettono, senza però influenzare lo Slave che in questo caso è disabilitato.

Ingressi asincroni ausiliari Preset e Clear

Generalmente nei circuiti si utilizzano dispositivi sincroni, ovvero dispositivi che leggono i loro ingressi sul fronte di salita o di discesa di un impulso di clock, in alcuni casi, però, è necessario forzare lo stato delle uscite a causa di altri fattori esterni, pur mantenendo il normale funzionamento in assenza di questa necessità. Per risolvere questo problema si parte da un bistabile sincrono a cui si aggiunge una circuiteria addizionale che permette di sommare degli ingressi di controllo ausiliario denominati PRESET e CLEAR, i quali attivandosi servono per l'inizializzazione del bistabile PRESET, oppure la cancellazione o l'impostazione a zero, CLEAR. Non tutti i bistabili hanno questi ingressi.

Dettaglio degli ingressi asincroni di un bistabile J-K.

Clear

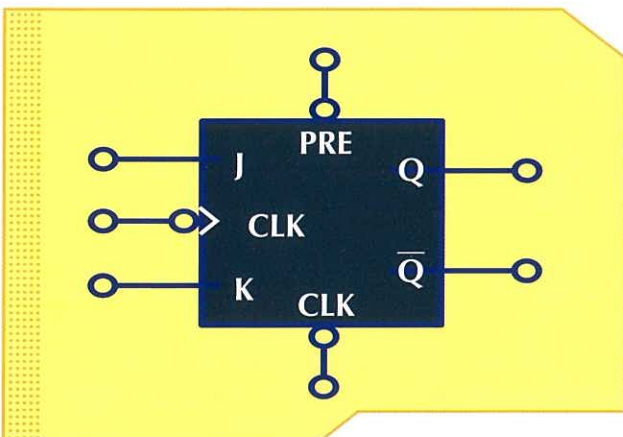
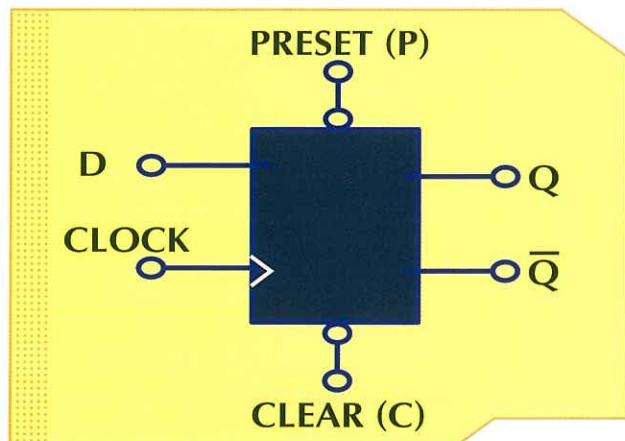
L'ingresso asincrono non funziona fino a quando non è attivato. Quando si desidera impostare l'uscita del bistabile a zero si attiva l'ingresso di controllo CLEAR. Questo ingresso

Bistabile J-K attivato da fronte di discesa.

Bistabile tipo D con ingressi asincroni.

di solito si attiva a livello basso, in tal caso si utilizza un piccolo cerchio posto al termine della linea che rappresenta l'ingresso. Riassumendo, per forzare l'uscita di un bistabile a 0, si imposta a 0, in questo caso, l'ingresso CLEAR.

Preset

Si tratta di un ingresso asincrono che obbliga l'uscita a passare a 1 quando esso si attiva. Se è attivo a livello basso e si applica uno 0 all'ingresso PRESET, l'uscita assume il valore 1 indipendentemente dallo stato precedente e dal clock.

Preset e Clear

Questi ingressi sono normalmente attivi a livello basso e non si devono mai attivare contemporaneamente. Se ad esempio sono attivi a livello basso, nello stato normale o di riposo devono rimanere a livello alto. Se si imposta a 0 l'ingresso PRESET, l'uscita assume immediatamente il valore 1 indipendentemente dallo stato del clock. Se invece di attivare l'ingresso PRESET attiviamo CLEAR impostandolo a 0, l'uscita passa a valore 0. Bisogna fare molta attenzione al simbolo del bistabile scelto per poter applicare su questi terminali di controllo i livelli adeguati a ogni circostanza di funzionamento.

Bistabile J-K Master Slave con ingresso asincrono T.

Bistabile tipo D con ingressi asincroni.

Le porte di ingresso e uscita

Le porte di ingresso e uscita (I/O) sono i dispositivi utilizzati dal microcontroller per interagire con il mondo esterno. In qualsiasi applicazione il microcontroller scambierà dati con l'esterno, sia per ottenere informazioni che per agire su elementi esterni.

Elementi esterni, periferiche

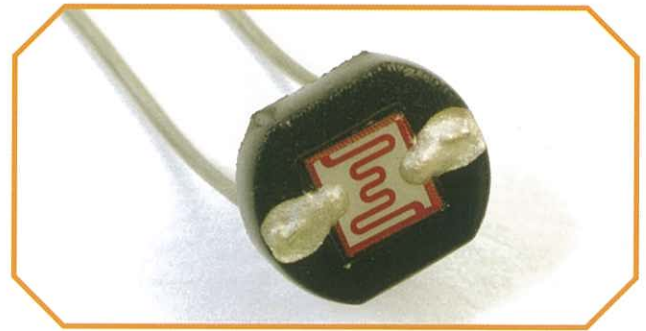
Le applicazioni con il PIC dipendono dai dati che il processore acquisisce dall'esterno e normalmente lo scopo delle applicazioni è di controllare o governare i dispositivi esterni collegati al sistema.

Di solito i dispositivi che si collegano alle porte di I/O sono digitali e lavoreranno quindi con due soli stati (1 e 0), modo lavoro tipico di dispositivi quali interruttori, pulsanti, tastiere, display LCD, display a LED, relé, ecc. Questi dispositivi digitali forniranno o riceveranno informazioni dal microprocessore in formato digitale o binario.

Esistono tuttavia molti dispositivi periferici analogici e il PIC deve interagire anche con essi. Per questa ragione alcuni microcontroller hanno delle linee di I/O predisposte per lavorare con queste periferiche e dispongono al loro interno di uno o più convertitori A/D (Analogico/Digitale) per poter lavorare internamente con l'informazione.

Le porte di I/O nel PIC16F870

Il PIC16F870 dispone di tre porte di I/O (A, B e C). Dato che il processore è digitale e dispone di un bus dei dati da 8 linee su cui circoleranno in modo bidirezionale 8 bit, la dimensione

Dispositivi digitali.

Sensore di luminosità analogico.

logica di una porta di I/O è di 8 linee. Le porte B e C del nostro microcontroller hanno 8 linee di I/O digitali, invece la porta A ha una configurazione diversa e dispone solamente di 6 linee di I/O.

Come qualsiasi altro dispositivo elettronico, un microcontroller deve essere costruito in modo che la sua dimensione possa essere la più piccola possibile e per questa ragione esiste una limitazione di piedini o linee che rende necessario il multiplexaggio della maggior parte delle linee di I/O, in modo da poter realizzare altre azioni. In base alla programmazione dei registri di controllo, queste linee multifunzionali eseguiranno diversi lavori.

Quando funzionano come linee di I/O digitale si chiamano RAx, RBx e RCx.

I bit di ogni porta si configurano mediante i bit corrispondenti di un registro di controllo associato che prende il nome di TRIS (TRISA, TRISB o TRISC). Mediante i registri PORTA, PORTB e PORTC, indirizzi 5, 6 e 7 dell'area dei dati, trasferiremo i dati nel verso che è stato definito sul registro TRIS.

La porta A

PORTA è una porta bidirezionale da 6 bit. Il suo registro corrispondente per indicare il verso dei dati è TRISA. Impostando a 1 un bit del registro TRISA configureremo il terminale corrispondente di PORTA come ingresso (si imposta il dri-

Sensori di temperatura.

ver di uscita a uno stato di alta impedenza). Se impostiamo uno 0 su un bit del TRISA, il terminale corrispondente della porta sarà configurato come uscita (porta il contenuto del latch di uscita sul terminale corrispondente).

Leggendo il registro PORTA, in realtà, leggiamo lo stato dei pin, tuttavia quando scriviamo il registro PORTA ciò che stiamo facendo è scrivere sul latch della porta. Un'azione di scrittura implica tre operazioni: lettura, modifica e scrittura. Quindi quando vorremo impostare un valore sulla porta, ciò che realmente fa il processore è leggere lo stato dei pin, modificare il valore di quelli che lo richiedono e, successivamente, scrivere su ogni latch il bit corrispondente.

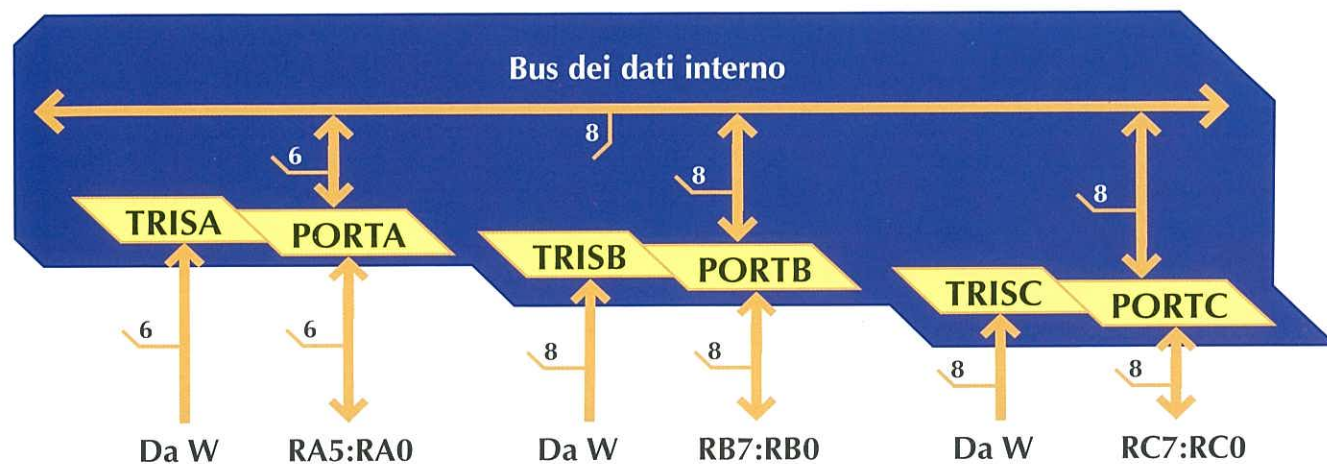
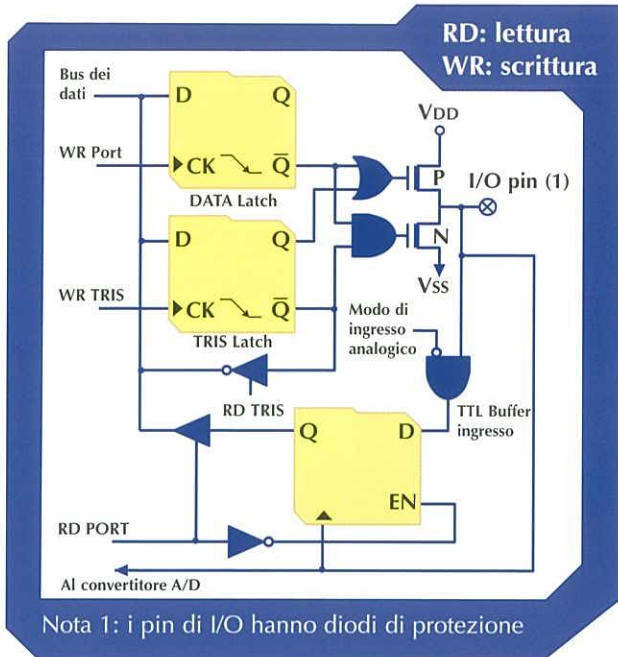
Il terminale RA4 è differente da tutti gli altri, è multiplexato con l'ingresso del segnale di clock per il funzionamento del temporizzatore TMR0. La configurazione interna del terminale è diversa, come si può vedere nella figura della pagina successiva.

Porta A	Porta B	Porta C
Linee: 6	Linee: 8	Linee: 8
RA0/AN0	RB0/INT	RC0/T1OSO/T1CK1
RA1/AN1	RB1	RC1/T1OSI
RA2/AN2/Vref-	RB2	RC2/CCP1
RA3/AN3/Vref+	RB3/PGM	RC3
RA4/T0CK1	RB4	RC4
RA5/AN4	RB5	RC5
	RB6/PGC	RC6/TX/CK
	RB7/PGD	RC7/RX/DT

Nomenclatura delle linee di I/O del PIC16F870.

Il resto dei piedini della porta A ha multiplexate le funzioni di I/O digitale con quella del canale di ingresso analogico per il convertitore A/D interno. Inoltre RA2 e RA3 servono anche per ricevere la tensione di riferimento negativa (RA2) e positiva (RA3) per i dispositivi che ne hanno bisogno. Quando si genera un reset per il collegamento dell'alimentazione le linee della porta A rimangono configurate come linee di ingresso analogico.

Registri associati alla porta A

Abbiamo visto che mediante il registro PORTA si trasferiscono i dati e che mediante TRISA ne indichiamo il verso, ovvero se i pin sono di in-

Registri associati a ogni porta di I/O.

Schema a blocchi dei terminali RA3, RA0 e RA5.

Schema a blocchi del terminale RA4.

gresso o di uscita. Però sappiamo anche che tutti questi pin hanno multiplexate le loro funzioni. Per scegliere il modo lavoro delle linee della porta A bisogna programmare il registro di controllo del convertitore chiamato ADCON1.

ADCON1 si trova all'indirizzo 9Fh del banco 1 della memoria dei dati. Degli 8 bit che formano il registro, tre non sono utilizzati e il resto, il bit ADFM (bit 7 più significativo) serve per selezionare il formato del risultato della conversione, e PCFGx sono i bit di configurazione dei pin della porta A.

Quando utilizzeremo il convertitore A/D ripasseremo nuovamente il registro ADCON1 e capiremo meglio la funzionalità del bit ADFM. Per quanto riguarda i bit di configurazione, in funzione del valore che ha ognuno di essi avremo una configurazione di pin diversa, come potremo vedere nella tabella della pagina successiva.

In questa tabella A significa ingresso analogico e D ingresso/uscita digitale. Inoltre gli indirizzi segnati con (1) non sono implementati sul nostro PIC16F870. La colonna segnata con (2) indica il numero di canali analogici disponibili come ingressi analogici e il numero di questi canali utilizzato come ingressi di tensioni di riferimento.

La flessibilità quando si utilizza lo stesso programma su diversi modelli di microcontroller PIC, fa sì che molti registri siano predisposti per contenere o controllare più dispositivi di quelli che offre il nostro modello.

Nome	Bit #	Buffer	Funzione
RA0/AN0	bit 0	TTL	Ingresso/Uscita digitale o ingresso analogico
RA1/AN1	bit 1	TTL	Ingresso/Uscita digitale o ingresso analogico
RA2/AN2/Vref -	bit 2	TTL	Ingresso/Uscita digitale, ingresso analogico o Vref
RA3/AN3/Vref +	bit 3	TTL	Ingresso/Uscita digitale, ingresso analogico o Vref
RA4/T0CK1	bit 4	ST	Ingresso/Uscita digitale o ingresso clock TMR0
RA5/AN5	bit 5	TTL	Ingresso/Uscita digitale o ingresso analogico

Modi di funzionamento dei pin della porta A.

ADFM: Bit di selezione del formato del risultato della conversione A/D		
1	Giustificato a destra	I 6 bit più significativi di ADRESH sono letti come '0'
0	Giustificato a sinistra	I 6 bit meno significativi di ADRESL sono letti come '0'

Modo lavoro del bit ADFM.

Direzione	Nome	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Valore POR o BOR	Valore negli altri reset
05h	PORTA	-	-	RA5	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0	—0x 0000	—0u 0000
85h	TRISA	-	-	Configurazione dei pin della porta						—11 1111	—11 1111
9Fh	ADCON1	ADFM	-	-	-	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	—0- 0000	—0- 0000

Registri associati alla porta A.

Configurazione della porta A

Per capire meglio il funzionamento della porta A faremo un esercizio: supponiamo di avere un sistema di climatizzazione regolato da un termostato. Quando la temperatura supera il massimo consentito dobbiamo mettere in funzione tre ventilatori.

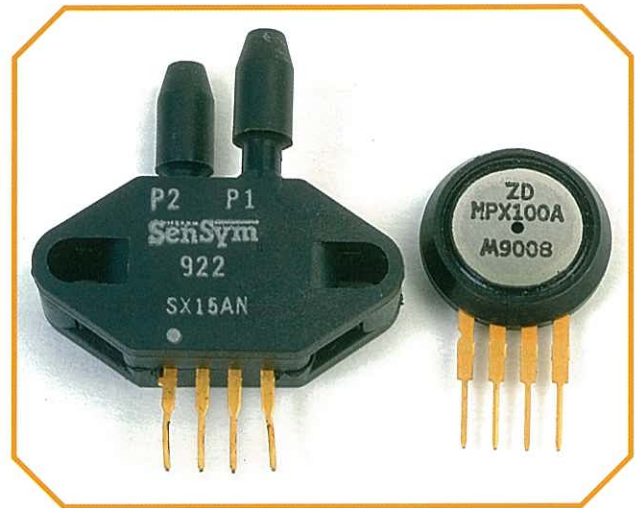
Un termostato è un dispositivo che quando rileva una determinata temperatura chiude un contatto, quindi avremo bisogno di un ingresso digitale (abbiamo solo due stati, contatto aperto e contatto chiuso). Per attivare i ventilatori (due stati, ON e OFF) avremo bisogno di tre uscite digitali. La porta A rimane configurata nel modo indicato dalla figura.

Anche se non conosciamo le istruzioni del microprocessore, è facile seguire i passi che abbiamo indicato per configurare la porta.

Passo 1: Cancellare le porte dai valori residui. Per evitare possibili errori di funzionamento è consigliabile pulire i latch o flip-flop delle porte del microcontroller che vogliamo utilizzare.

Passo 2: Dato che i registri con cui vogliamo lavorare (TRISA e ADCON1) si trovano su un banco di memoria diverso da PORTA, cambieremo banco.

PCFG3: PCFG0	AN7[1] RE2	AN6[1] RE1	AN5[1] RE0	AN4 RA5	AN3 RA3	AN2 RA2	AN1 RA1	AN0 RA0	VREF+	VREF-	CHAN/ Refs[2]
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	RA3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	VDD	VSS	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	RA3	RA2	1/2

Configurazione dei terminali della porta A in funzione dei bit di configurazione.

Sensori analogici di pressione.

Passo 3: Configurazione della porta. Scriveremo ADCON1 con i valori adeguati per il modo lavoro dei pin richiesti nell'applicazione. Grazie al valore impostato i pin della porta A saranno I/O digitali.

Passo 4: Definire gli ingressi e le uscite. Scrivendo su TRISA selezioneremo quali pin vogliamo far lavorare come ingressi e quali come uscite. Nel nostro esempio abbiamo selezionato un unico ingresso e il resto dei pin come uscite. L'esempio verrà risolto con una semplice lettura ciclica del bit RA0, in modo che quando diventa 1 significa che il termostato ha chiuso il suo contatto e devono essere attivate le tre uscite per i ventilatori.

clrf	PORTA	;Cancella i latch di uscita
bsf	STATUS,RP0	;Seleziona banco 1
movlw	b'00000111'	
movwf	ADCON1	;Si configura la porta A come I/O digitali
movlw	b'00000001'	
movwf	TRISA	;RA0 si configura come ingresso e il resto come uscite